

**mag. Andrej VIDMAR\***

**Katarina ZABRET\***

**mag. Urška HOZJAN\*\***

**doc. dr. Andrej KRYŽANOWSKI\***

**prof. dr. Mitja BRILLY\***

## **RAZVOJ MODELA ZA OCENO DIREKTNE ŠKODE PRI POPLAVAH**

### **POVZETEK**

Poznavanje potencialne škode pri poplavah je zelo pomemben dejavnik pri sprejemanju odločitev o protipoplavnih ukrepih, njihovem obsegu in umeščanju v prostor kot tudi pri urejanju prostora in vodotokov. V zadnjem obdobju pa so zaradi naraščanja poplavne škode ti podatki postali še bolj pomembni. Oceno potencialne škode pri poplavah lahko pripravimo z različnimi, že razvitimi metodologijami in modeli, ki pa so večinoma primerni le za določen prostor, saj ima vsako okolje specifične lastnosti, zato teh metodologij brez kritične presoje ne moremo uporabiti kjerkoli.

Za potrebe ocenjevanja potencialnih škod na Hrvaškem smo razvili lastno metodologijo in računalniški model, ki temeljita na javno dostopnih podatkih kot so baza pokrovnosti tal CORINE, rezultati popisov in tržne vrednosti dobrin. Metodologija je razdeljena na sedem tipov: naseljene površine, industrijske ali poslovne površine, infrastrukturne površine, kmetijske površine, površine trajnih nasadov, zelene površine in druge površine. Za vsakega izmed naštetih tipov smo podali ustrezne krivulje škoda-globina vode z enačbami in tržne oziroma gradbene vrednosti elementov tipa. Model je bil razvit v odprtokodnem GIS programu, ki omogoča izbiro območja računa škode in prikaz rezultatov. Validacijo modela smo naredili za ekstremni poplavni dogodek maja 2014, ki je prizadel spodnji del porečja Save. Model je bil že uporabljen tudi v praksi.

### **UVOD**

Poplave so najpogostejše naravne nesreče v Evropi. Med leti 1970 in 2012 je bilo izmed 1.352 prijavljenih naravnih nesreč kar 38 % povzročenih zaradi poplav, ki so v tem obdobju povzročile tudi najvišjo ekonomsko škodo, ki je znašala 40 % celotne škode zaradi vseh naravnih nesreč (World Meteorological Organisation, 2014). Zaradi urbanizacije in razvoja ter naseljevanja v poplavnih območjih, zaradi sprememb v rabi tal in zmanjšanja zelenih površin ter posledično manjše infiltracije (Whitfield, 2012; Huong in Pathirana, 2013), se v zadnjih desetletjih opaža povečevanje pogostosti pojavljanja poplavnih dogodkov in povečanje škode zaradi njih (IPCC, 2014; Wobus et al., 2014). Zaradi tega postajajo podatki za napovedovanje poplav, ocenjevanje škode in za odločanje o protipoplavnih ukrepih čedalje bolj pomembni. Da bi odločevalcem zagotovili potrebne podatke, je bilo razvitih že več metodologij in modelov za oceno škode pri poplavah, ki se med seboj razlikujejo glede na vrste stroškov, ki so vključeni v oceno, prostorskega obsega, ki ga pokrivajo, ekonomskih sektorjev in parametrov, ki jih upoštevajo pri izračunih (Merz et al., 2010).

Vrste stroškov, ki jih lahko upoštevamo pri oceni škode pri poplavah, so direktne in indirektno škode, ki jih naprej lahko razdelimo še na materialne in nematerialne škode (Merz et al., 2010). Direktne škode so posledica fizičnega stika med vodo in dobrino, med tem ko do nedirektnih škod pride zunaj poplavnega območja. Nedirektno škode tako lahko nastanejo na primer zaradi prekinitev transporta, dovoza surovin in obratovanja proizvodnje. Materialne škode lahko izrazimo v denarnih enotah, nematerialne pa tržne vrednosti nimajo, zato jih je potrebno izraziti drugače. Ocene škode pri poplavah najpogosteje zajemajo le direktne materialne stroške.

---

\* mag. Andrej VIDMAR, univ. dipl. inž. gradb., \*Katarina ZABRET, univ. dipl. inž. gradb., \*doc. dr. Andrej KRYŽANOWSKI, univ. dipl. inž. gradb., \*prof. dr. Mitja BRILLY, univ. dipl. inž. gradb., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, \*\*mag. Urška HOZJAN, SI Consult, Dunajska cesta 122, 1000 Ljubljana

Natančnost ocenjene škode pri poplavah je odvisna predvsem od prostorskega obsega, za katerega se računa. V osnovi metodologije glede na prostorsko natančnost delimo na mikro, mezo in makro raven (Merz et al., 2010). Najbolj točno lahko škode opredelimo na mikro ravni, ki temelji na vsakem posameznem elementu (hiša) območja, med tem ko ostali modeli temeljijo na agregacijah naselij, administrativnih enot, občin, pokrajin in podobno. Ne glede na to pa je največ modelov razvitih prav na mezo in makro ravni, saj je cilj večine modelov v oceni na splošno zajeti čim večje območje.

V modelih za oceno škode pri poplavah so upoštevani različni ekonomski sektorji. Nekateri modeli so primerni za račune v le določenem sektorju, med tem ko jih drugi pokrivajo več. Najpogostejši ekonomski sektorji, ki se upoštevajo pri ocenah škode pri poplavah, so stanovanjska območja, industrijski sektor, infrastruktura in kmetijstvo (Booyesen et al., 1999; Penning-Rowsell et al., 2005; Merz et al., 2010).

Na škodo pri poplavah vplivajo številni parametri, ki jih lahko vključimo v oceno. Najpogosteje upoštevan parameter, ki ima tudi največji vpliv, je višina poplavne vode (Thieken et al., 2005; Messner et al., 2007; Merz et al., 2010; Jongman et al., 2012). Odvisnost tega parametra s poplavno škodo je prikazana s tako imenovanimi škodnimi krivuljami (funkcija višina vode – škoda), ki so mednarodno sprejete in najpogosteje uporabljene kot metoda za oceno škode (Jongman et al., 2012). Ostali parametri, ki jih še lahko upoštevamo, so trajanje poplave, onesnaženje poplavne vode, hitrost toka vode, vsebnost sedimentov, slanost, čas (sezona, dan v tednu, obdobje dneva), tip zgradbe, čas za evakuacijo in prisotnost ledu (Merz et al., 2010; Bremond et al., 2013; Flood Risk Management, 2013).

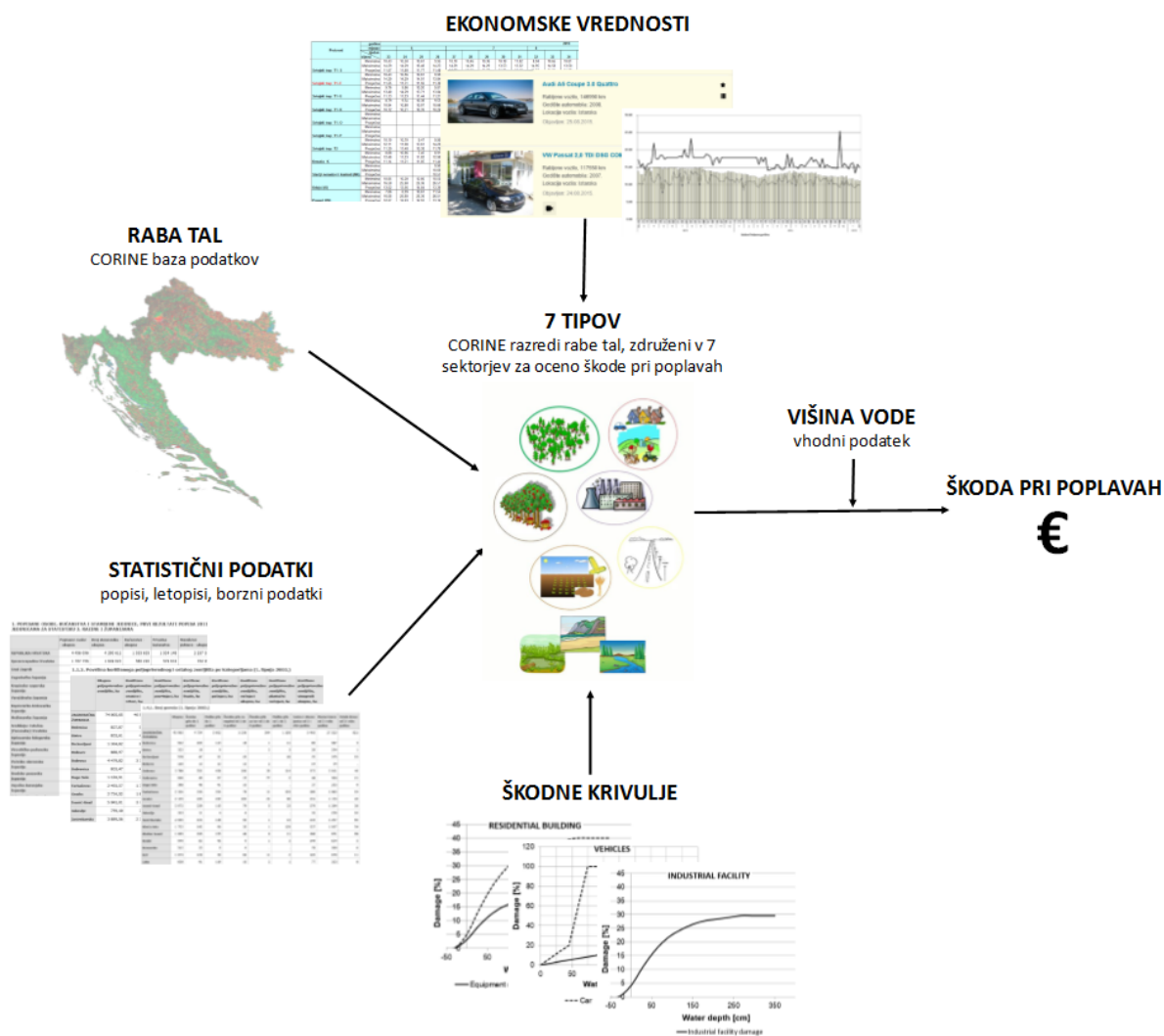
Izmed že razvitih modelov so najpogosteje uporabljeni Multi-Coloured manual, razvit v Veliki Britaniji in primeren za izračun poplavne škode večine sektorjev na makro-mezo ravni (Penning-Rowsell et al., 2005), FLEMO, ki se deli na dve komponenti, FLEMOps za oceno škode v privatnem, stanovanjskem sektorju in FLEMOcs za oceno škode v industriji (Kreibich et al., 2010), Annuflood, ki pokriva poplavno škodo na stanovanjskih, komercialnih in infrastrukturnih površinah (NR&M, 2002) ter zelo detajlen in vseobsegajoč ameriški model HAZUS-MH (FEMA, 2014). Ne glede na to, da številne metodologije za oceno škode pri poplavah že obstajajo, na njihove rezultate še vedno vplivajo različne negotovosti in vprašanje prenosljivosti (de Moel in Aerts, 2011; Cammerer et al., 2013). Modeli, ki so primerni za eno lokacijo, ne dajo nujno dobrih rezultatov tudi za drugo, saj na to vplivajo geografske, ekonomske in socialne razlike območij, poleg tega pa je potrebno upoštevati tudi potrebne vhodne podatke, ki niso povsod na voljo v enaki obliki in obsegu. Zaradi tega smo za potrebe ocene direktne škode pri poplavah na Hrvaškem razvili novo metodologijo na makro-mezo ravni, ki upošteva podatke, ki so prosto dostopni in dejansko razpoložljivi, zahteva le en vhodni podatek in je uporabniku prijazna (Brilly et al., 2014).

## METODOLOGIJA

Metodologija za oceno škode pri poplavah na Hrvaškem temelji na podatkih, ki so na voljo in do katerih lahko prosto dostopamo. Pri idejni zasnovi metodologije lahko določimo potrebne podatke za izračun, vendar pa ta ni izvedljiv, če se takih podatkov ne zbira oziroma do njih ne moremo dostopati. Tako smo najprej pregledali prostodostopne podatkovne baze na spletu in v njih izbrali podatke, ki jih pri oceni škode lahko uporabimo. Tako smo iz popisov pridobili podatke o številu prebivalcev, številu mestnih in kmečkih gospodinjstev, številu traktorjev in kmetijske mehanizacije, številu domačih živali ter hektarjih obdelanih površin z različnimi poljščinami na statistično enoto (naselje). Podatke smo dopolnili s številom osebnih in tovornih vozil na naselje po statističnem letopisu, s podatki o povprečni površini hiše v okrožju iz borznih podatkov in o deležu površne posameznega ekonomskega sektorja na naselje po CORINE bazi podatkov. Te vrednosti smo povezali s tržnimi vrednostmi vozil, poljščin, drugih pridelkov in mesa, z bruto domačim proizvodom okrožij, premoženjem 400 največjih podjetij in povprečno gradbeno vrednostjo hiše. V primeru hiše smo namesto tržne vrednosti upoštevali gradbeno zato, ker je tržna vrednost zgradbe povezana tudi z njeno lokacijo, na primer z bližino velikega mesta in dostopom do avtoceste, na kar pa poplava ne vpliva, saj povzroči škodo le na konstrukciji hiše, ki pa je povezana z gradbeno vrednostjo.

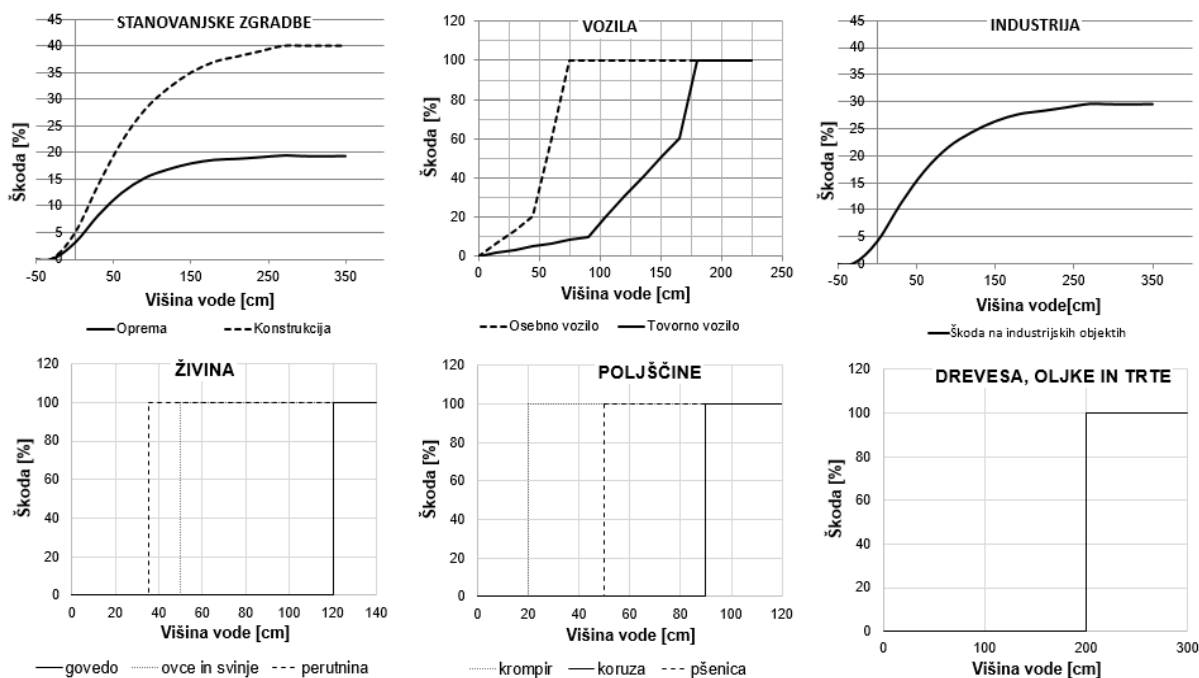
Glede na zbrane podatke, ekonomske sektorje, ki jih upoštevajo drugi modeli, in razrede rabe tal v bazi CORINE smo definirali 7 tipov, za katere smo natančneje opredelili račun ocene škode pri poplavah. Ti tipi so: naseljene površine, industrijske in poslovne površine, infrastruktura, kmetijske površine, trajni nasadi, zelene površine in ostale površine. Vsakemu definiranimu tipu smo določili

pripadajoče statistične podatke, škodne krivulje in ekonomske vrednosti dobrin. Vsi ti elementi tvorijo strukturo metodologije in računalniškega modela (slika 1).



Slika 1: Prikaz različnih komponent modela

Tip 1 (naseljene površine) združuje vsa poseljena urbana in podeželska območja s pripadajočimi zgradbami, opremo, vozili in tudi domačimi živalmi. Škodo pri poplavih smo ločeno obravnavali za urbana in podeželska gospodinjstva, saj je vrednost objektov s kmetijsko dejavnostjo zaradi dodatnih zgradb, mehanizacije in živine večja. Ker pa se na Hrvaškem znotraj naselja oba tipa gospodinjstev (s kmetijstvom in brez) pogosto prepletata, smo račun združili znotraj enega tipa naseljene površine, razdeljenega na dva podtipa. Škoda na stanovanjskih objektih je sestavljena iz škode na konstrukciji in na opremi. Uporabljeno škodno krivuljo za konstrukcijo (Davis in Leigh Skaggs, 1992) smo po priporočilih (Flood Risk Management, 2013) prilagodili še za opremo (slika 2). Upoštevana gradbena vrednost hiše je bila pridobljena iz ocen drugih študij (Štromar et al., 2008; Martinec et al., 2011). Na podoben način smo ocenili tudi škodo na kmetijskih gospodinjstvih, le da smo gradbeno vrednost stavbe, ki smo jo upoštevali v tem primeru, pomnožili z dve, ter s tem zajeli pripadajoče objekte kot so hlev, delavnice in skedenj. Ostalo kmetijsko mehanizacijo in živino smo upoštevali v ločenih podtipih. Pri oceni škode na vozilih smo upoštevali ločene škodne krivulje za osebna vozila in tovorna vozila, za traktorje in ostalo kmetijsko mehanizacijo (FEMA, 2014), (slika 2). Upoštevano tržno vrednost vozil smo ocenili glede na prodajne cene na spletnem portalu za trgovanje Njuškalo.hr. Škodo na živini pa smo obravnavali za govedo, svinje, ovce in perutnino, saj so po rezultatih popisa (DZS, 2003) to najbolj zastopane živali. Škodne krivulje smo osnovali na predpostavki, da je škoda na živalih nična, dokler je voda dovolj nizka, ko pa ta preseže določeno višino, živali poginejo (slika 2). V tem primeru je škoda enaka tržni vrednosti živali, ki jo glede na stanje na trgu vzreditelj lahko dobi za eno žival (TISUP, 2014).



Slika 2: Škodne krivulje

Področja z razvito industrijo in poslovnimi objekti smo združili pod tipom 2, vendar niso vsi enako občutljivi na poplave. Kreibich in sodelavci (2010) so pokazali, da bo škoda nižja tam, kjer so se v preteklosti s poplavami že soočili in imajo izdelane načrte za zaščito pred njimi ter da se v takih situacijah bolje odzovejo večja podjetja. Zaradi raznolikosti posameznih objektov in obratov, je enotna ocena škode za vse zahtevna, škodne krivulje za industrijo pa so zelo specifične (Booyesen, 1999). Tako smo pri definiciji škodne krivulje izhajali iz funkcij za opremo in konstrukcijo stanovanjskih objektov (slika 2), saj je konstrukcija industrijskih objektov pogosto bolj enostavna od konstrukcije stanovanjskih hiš, vendar ima večjo površino. Ekonomska vrednost, ki smo jo uporabili pri oceni, je enaka bruto domačemu proizvodu okrajev na Hrvaškem (Kis in Sabljak, 2014).

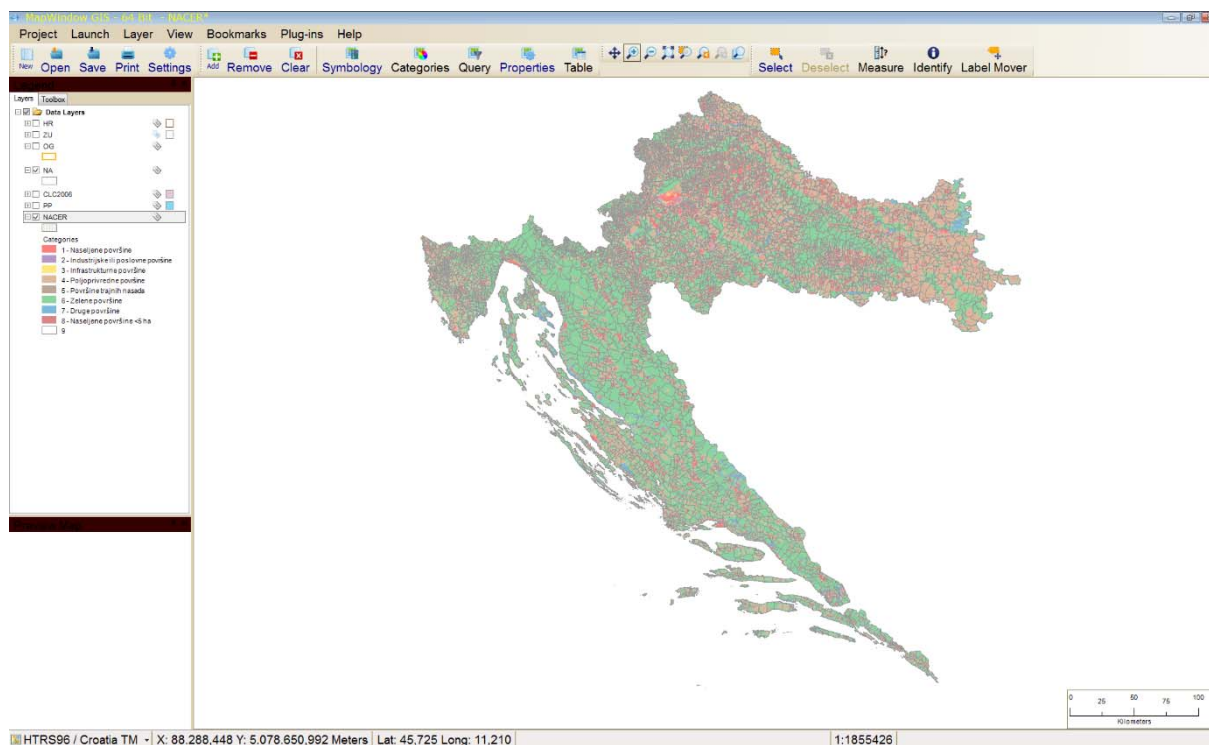
Tip 3 opredeljuje infrastrukturo: ceste, letališča, vodovod in kanalizacijo, elektrovođe, plinovode in komunikacijske linije. Informacije o lokacijah, poteku in občutljivosti teh sistemov niso na voljo, v bazi CORINE pa so vključene le pomembnejše cestne povezave. Zaradi pomanjkanja potrebnih podatkov smo na tem območju ovrednotili le stroške čiščenja, večje škode zaradi prekinitve prometnih povezav ali onesnaženja vode v vodovodu pa je potrebno obravnavati ločeno, na lokalni ravni.

Kmetijska območja so namenjena gojenju poljščin, škodo na njih pa povzema tip 4. Škoda na poljedelskih površinah je tesno povezana s sezono, saj v zimskem obdobju obsega le čiščenje in je praktično zanemarljiva, med tem ko je tik pred žetvijo enaka izgubi celotnega pridelka. Zaradi računa na makro-mezo ravni smo sezono rasti namesto s škodno krivuljo zajeli z dodatnim faktorjem, med tem ko krivulja temelji na predpostavki, da je škoda v sezoni rasti 100 % ko voda preseže mejno vrednost, odvisno od vrste poljščine (slika 2). Na podlagi popisa (DZS, 2003) smo določili tri najpogostejše poljščine (krompir, kuruza in pšenica), ki se pri računu lahko upoštevajo v poljubnih deležih kmetijskih površin.

Nasadi sadnih dreves, oljk in trt so združeni pod tipom 5, trajni nasadi. Škoda je ocenjena kot vsota stroškov čiščenja površin, odstranjevanja nanešenih sedimentov in plavja ter izgube pridelka, do katerega pride pri določeni mejni višini poplavne vode (slika 2). Ostale zelene površine (tip 6) so gozdovi, pašniki in travniki, kjer ne najdemo pomembnejše infrastrukture ali večjih objektov. Zato se tukaj škoda pri poplavah ocenjuje le preko stroškov čiščenja in manjših vzdrževalnih del v gozdovih. Na ostalih površinah (tip 7), kot so vodne površine, obale in močvirja, pa škode pri poplavah ne pričakujemo, zato jih pri računu zanemarimo.

## RAZVOJ RAČUNALNIŠKEGA MODELA

Za lažjo uporabo razvite metodologije, smo vse njene elemente med seboj povezali v računalniškem programu. Kot njegovo osnovo smo uporabili geografski informacijski sistem (GIS), ki je bil za ta namen že uspešno uporabljen (Neubert et al., 2014). Statistične podatke smo uredili, povezave med njimi pa smo vzpostavili v programu Microsoft Access. Podatke CORINE baze rabe tal, ki smo jih združili v 7 tipov, smo v programu MapWindow presekali s pripravljeno bazo statističnih podatkov. Tako smo za vsako naselje definirali delež posameznega tipa rabe tal. Za vsak tip smo v programu podali še enačbo, ki povezuje statistične podatke, ekonomske vrednosti in funkcije škodnih krivulj. Računalniški model smo poimenovali NACER (Naselja & Corine Entitetski Rezultat). Z uporabo prostodostopnega programa MapWindow uporabnik lahko odpre aplikacijo NACER (slika 3), v kateri izbere željeno območje za izračun poplavitne škode in poda vhodni podatek, višino vode, ki je lahko podana tudi za vsako celico posebej. Z uporabo enačb se izračuna potencialna škoda pri poplavih na izbranem območju.



Slika 3: Delovno okno modela NACER v programu MapWindow

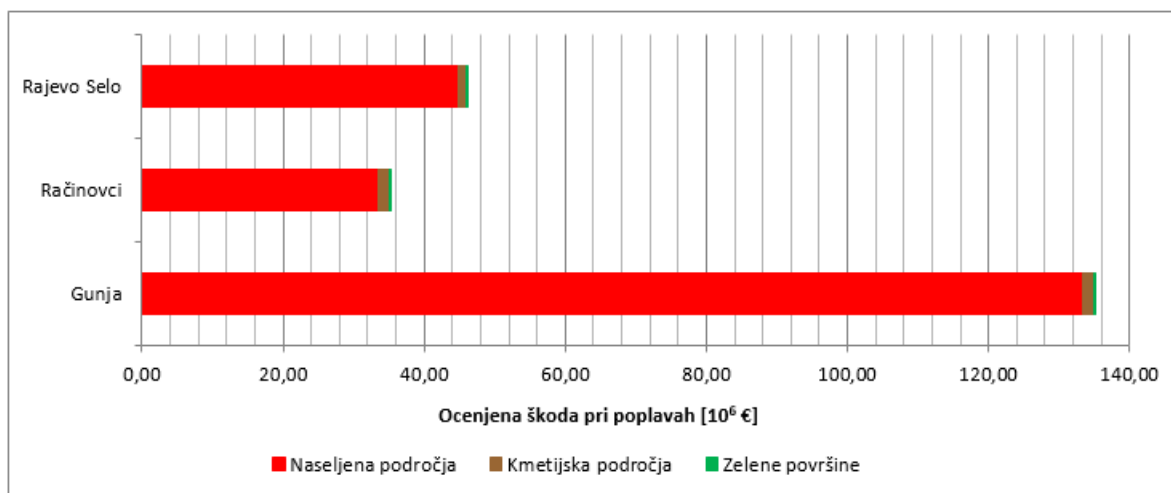
## RAČUN ŠKODE PRI POPLAVAH

Delovanje modela in ustreznost metodologije smo preverili za ekstremni poplavni dogodek, ki je maja 2014 prizadel spodnji del porečja reke Save. Na nekaterih območjih je celotna količina padavin presegla vse rekorde od začetka meritev. Poleg močnih padavin v začetku maja pa je do poplav prišlo tudi zaradi obilnega deževja v aprilu, ki je dolgoletna povprečja presegalo od 49 % do 200 % in ki je že zasičilo zemljinjo. Izredno stanje je bilo razglašeno na številnih lokacijah. Na območju Republike Hrvaške so bile najbolj prizadete tri vasi, Gunja, Selo in Račinovci (slika 4), za katere smo pridobili tudi preliminarno oceno škode po poplavih. Rezultat modela, ocenjeno škodo, smo primerjali z rezultati popisa in tako ovrednotili delovanje modela.



Slika 4: Izbrano območje ocene škode pri poplavah

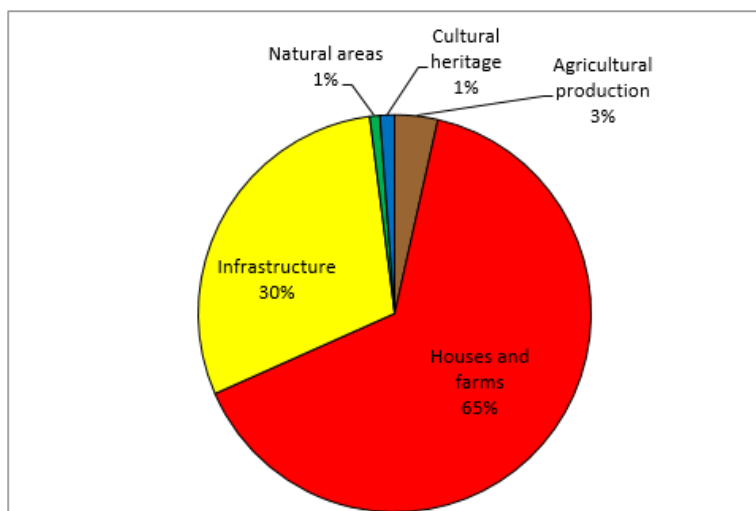
Na izbranem območju so prisotni le štiri izmed definiranih 7 tipov: naseljena področja, kmetijska področja, zelene površine in ostale površine. Upoštevana višina poplavne vode je bila 1.8 m za celotno območje. To višino vode smo izbrali na podlagi poročil o stanju pri poplavah, ker pa je šlo le za približno oceno škode, smo za celotno območje uporabili enotno vrednost. Z uporabo modela NACER smo ocenili, da je bila pri takih razmerah škoda na območju Rajevega Sela, Gunje in Račinovcev enaka 216.1 milijonov € (slika 5). Kar 97 % vse škode je bilo povzročene na naseljenih področjih. Izmed posameznih naselij je bila najbolj prizadeta Gunja, kjer je bilo povzročene kar 62 % celotne škode na območju.



Slika 5: Ocenjena škoda pri poplavah za različne tipe

Pri popisu so škodo ovrednotili v petih kategorijah: kmetijska proizvodnja, stanovanjske hiše in kmetije, infrastruktura, naravna območja in kulturna dediščina. V celoti je popisana škoda znašala 218,86 milijonov €. V poplavah so bile najbolj prizadete stanovanjske hiše in kmetije, kjer je bilo povzročene kar 65 % škode (slika 6). Dokaj visoka pa je bila tudi škoda na infrastrukturi, ki je znašala 29,5 % celotne popisane škode, zajemala pa je škodo na transportnih omrežjih (49 %), vodovodnem sistemu (obnova in gradnja regionalnega vodovoda, 43 %), plinovodu, električnem omrežju (transformatorske

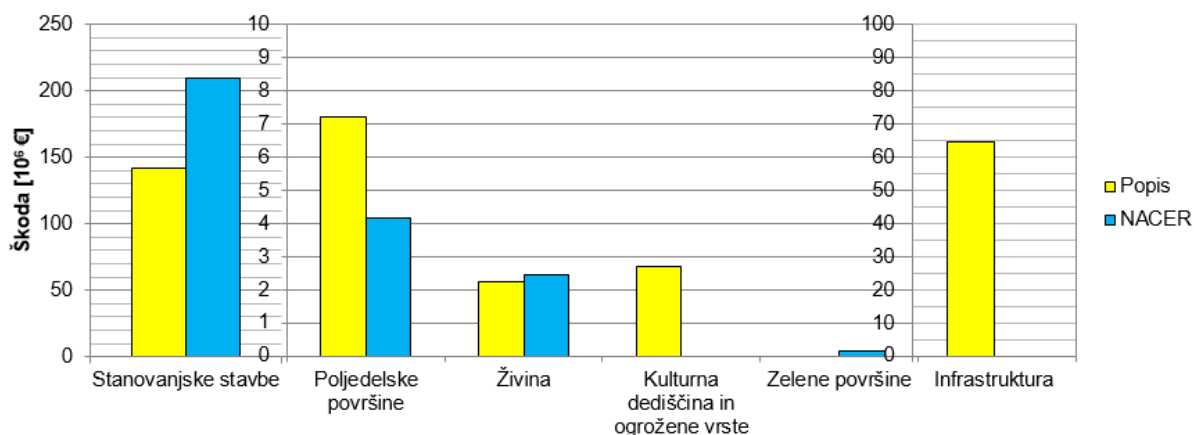
postaje, nizkonapetostni sistem, elektrovi, merilne naprave), telekomunikacijah, zdravstveni oskrbi, izobraževalnih ustanovah, gasilskih domovih, cerkvah in nogometnih igriščih (vse skupaj 5,5 %).



Slika 6: Delež škode pri poplavih glede na kategorije, upoštevane pri popisu

Škoda pri poplavih, ocenjena z modelom NACER, je znašala 216,1 milijona €, v popisu pa je bila ocenjena na 218,9 milijona €. Z modelom ocenjena vrednost je za 1,28 % nižja od popisane in dobro povzema dejansko stanje. Ocenjeno škodo smo med seboj primerjali glede na podobnosti v upoštevanih kategorijah oziroma tipih (slika 7). Podobne ocene dobimo za stanovanjske površine, kjer je bila po modelu ocenjena škoda za konstrukcije enaka 143,9 milijona €, po popisu pa so bile stanovanjske zgradbe in kmetije prizadete za 141,93 milijona €, ter za živino, ki je bila po modelu prizadeta za 2,45 milijona €, po popisu pa za 2,3 milijona €. V ostalih postavkah se zneski razhajajo. Na poljedelskih površinah je bila ocenjena škoda z modelom NACER enaka 4,16 milijona €, po popisu pa naj bi znašala kar 7,18 milijona € ne glede na to, da so bile poplave v začetku maja, torej pred glavno sezono rasti.

Ostale kategorije sta metodi upoštevali ločeno. Po bazi rabe tal CORINE infrastruktura ni bila zaznana na izbranem območju, zato z modelom NACER škode na tem tipu nismo računali, čeprav naj bi po popisu predstavljala kar 29,6 % celotne škode. Glede na bolj podrobno razdelitev popisa pa so bile v kategorijo infrastrukture uvrščene tudi nekatere zgradbe (škoda na izobraževalnih in zdravstvenih ustanovah), za katere smo škodo z modelom NACER upoštevali v sklopu naseljenih površin. Pri popisu infrastrukture pa izstopa relativno visoka škoda na vodovodnem omrežju, ki naj bi zajemala tudi gradnjo lokalnega vodovoda, kar pa glede na opis ni posledica poplave, vendar tega zaradi pomanjkanja informacij v popisu ne moremo točno opredeliti.



Slika 7: Primerjava rezultatov ocene škode pri poplavih modela NACER in popisa

Primerjavo rezultatov modela in popisa smo uporabili za validacijo modela. Izkazalo se je, da se škoda, ocenjena za naseljena območja, dobro ujema z dejansko popisanimi vrednostmi, prav tako pa je celotna ocenjena škoda na območju ustrezna. V sklopu validacije smo le prvotno določen znesek čiščenja površin po poplavah malo znižali. V nadaljevanju pa bo potrebno posebno pozornost nameniti predvsem infrastrukturi, za katero so zaenkrat na voljo pomanjkljivi podatki, vendar pa očitno predstavlja pomemben delež končne vrednosti ocenjene škode. Model prav tako ne vključuje podatkov o posebnih kategorijah, kot sta na primer kulturna dediščina in ogrožene vrste. Te je možno naknadno točkovno vstaviti v model. Na splošno pa model, pri razvoju katerega smo uporabili le prosto dostopne podatke iz javnih baz, daje dobre ocene potencialne škode pri poplavah v relativno grobem merilu. Uspešno je bil uporabljen tudi že v praksi pri pripravi projektov za pridobitev sofinanciranja s strani EU za protipoplavne ukrepe na Hrvaškem za primera porečij Krašica – Vučica (Tadić et al., 2015) in Bednja (Paladin et al., 2015).

## ZAKLJUČEK

Ocena škode pri poplavah je zahteven in kompleksen proces, odvisen od številnih dejavnikov, lastnosti območja in nenazadnje tudi razpoložljivosti podatkov, ki jih pri oceni lahko uporabimo. Naš cilj je bil razviti model za oceno škode pri poplavah na Hrvaškem, ki bo dejansko uporaben tudi v praksi, zato ne sme zahtevati preveč vhodnih podatkov, mora biti pregleden, njegovo delovanje razumljivo, omogočeno pa mora biti tudi posodabljanje podatkov glede na trenutne razmere. S pristopom, ki smo ga uporabili, smo uspeli tak model tudi razviti, vendar pa je njegova validacija pokazala, da bo v nadaljevanju več pozornosti potrebno posvetiti še pridobivanju in vključevanju novih podatkov. Največje pomanjkljivosti smo opazili za področje infrastrukture, ki je v uporabljeni podlogi (CORINE baza pokrovnosti tal) slabo zajeta, zato bi bilo to podlogo potrebno nadgraditi z dodatnimi kartami. Pred računom bi bilo v izbrano območje smiselno vstaviti še določene točkovne podatke o pomembnejših industrijskih obratih, kulturni dediščini in drugih objektih posebnega pomena, za katerega bi lahko račun škode še dodatno definirali. Ne glede na to, pa model s hitrim in preglednim računom poda zadovoljive ocene škode pri poplavah na poljubnih izbranih območjih na Hrvaškem.

## LITERATURA

- Booyesen, H.J., Viljoen, M.F., de Villiers, G. du T. (1999) Methodology for the calculation of industrial flood damage and its application to an industry in Vereeniging. *Water SA*, 25, 41-46.
- Brémond, P., Grelot, F., Agenais, A.L. (2013) Review Article: Economic evaluation of flood damage to agriculture – review and analysis of existing methods. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2493–2512.
- Brilly, M., Hozjan, U., Vidmar, A., Zabret, K., Gole, A., Kryžanowski, A. (2014) Ekonomski aspekti procjene potencialnih poplavnih šteta. *Konačno izvješće*, pp. 97.
- Cammerer, H., Thielen, A.H., Lammel, J. (2013) Adaptability and transferability of flood loss functions in residential areas. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 3063–3081.
- Davis, S.A., Leigh Skaggs, L. (1992) Catalogue of residential depth-damage functions used by the Army Corps of engineers in flood damage estimation.  
<http://planning.usace.army.mil/toolbox/library/IWRServer/92-R-3.pdf> [pridobljeno 5. 9. 2014]
- de Moel, H., Aerts, J.C.J.H. (2011) Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Nat. Hazards*, 58, 407–425.
- DZS (Državni zavod za statistiku / Croatian bureau of statistics) (2003) Popis kmetijstva.  
[http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/Agriculture2003/census\\_agr\\_tabl.htm](http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/Agriculture2003/census_agr_tabl.htm) [pridobljeno 27. 2. 2014]
- FEMA (2014) Hazus – MH MR5.  
[http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1820-25045-8292/hzmh2\\_1\\_fl\\_tm.pdf](http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1820-25045-8292/hzmh2_1_fl_tm.pdf) [pridobljeno 7. 3. 2014]
- Flood risk management (2013) IWR Report 2013-R-05.  
<http://www.corpsnedmanuals.us/docs/2013-R-05.pdf> [pridobljeno 5. 9. 2014]



Huong, H.T.L., Pathirana A. (2013) Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 379–394.

IPCC (2014) Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf) [pridobljeno 5. 2. 2015]

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H. et al. (2012) Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3733–3752.

Kis, J. Sabljak, N. (2014) Gross domestic product for Republic of Croatia, nuts 2 level and counties, 2011. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske.

[http://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2014/12-01-02\\_01\\_2014.htm](http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2014/12-01-02_01_2014.htm) [pridobljeno 24. 9. 2014]

Kreibich, H., Seifert, I., Merz, B., Thielen, A.H. (2010) Development of FLEMOcs – a new model for the estimation of flood losses in the commercial sector. *Hydrol. Sci. J.*, 55, 1302–1314.

Martinec, N., Hrnjak Ajduković, N., Ajduković, M. (2011) Troškovi građevinsko-obrtničkih radova stambeno-poslovnih građevina. *Gradovinar*, 63, 573–577.

Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A.H. (2010) Assessment of economic flood damage. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1697–1724.

Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S., van der Veen, A. (2007) Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods.

[http://www.floodsite.net/html/partner\\_area/project\\_docs/t09\\_06\\_01\\_flood\\_damage\\_guidelines\\_d9\\_1\\_v2\\_2\\_p44.pdf](http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/t09_06_01_flood_damage_guidelines_d9_1_v2_2_p44.pdf) [pridobljeno 7. 3. 2014]

Neubert, M., Naumann, T., Hennersdorf, J. and Nikolowski, J. (2014) The Geographic Information System-based flood damage simulation model HOWAD. *J. of Flood Risk Manage.* doi: 10.1111/jfr3.12109.

NR&M (Department of Natural Resources and Mines, Queensland Government) (2002) Guidance on the Assessment of Tangible Flood Damages. NR&M Report, Queensland, Australia.

Penning-Rowsell, E., Johnson, C., Tunstall, S., Tapsell, S., Morris, J., Chatterton, J., Green, C. (2005) *The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Handbook of Assessment Techniques.* Middlesex University Press, London.

Štromar, Z., Hrnjak Ajduković, N., Cilić, D., Car, V., Lakoš, P. (2008) Standardna kalkulacija radova u visokogradnji. Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb.

Thielen, A.H., Müller, M., Kreibich, H., Merz, B. (2005) Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. *Water Resour. Res.*, 41, W12430.

TISUP (Tržišni informacijski sustav u poljoprivredi) (2014) Aktualno cijene.

<http://www.tisup.mps.hr/> [pridobljeno 4. 9. 2014]

Whitfield, P.H. (2012) Floods in future climates: a review. *J. of Flood Risk Manage.*, 5, 336–365.

Wobus, C., Lawson, M., Jones, R., Smith, J., Martinich, J. (2014) Estimating monetary damages from flooding in the United States under a changing climate. *J. Flood Risk Manage.*, 7, 217–229.

World Meteorological Organization (2014) Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2012).

[http://www.wmo.int/pages/prog/drr/transfer/2014.06.12-WMO1123\\_Atlas\\_120614.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/drr/transfer/2014.06.12-WMO1123_Atlas_120614.pdf) [pridobljeno 5. 2. 2015].